

## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Data Penelitian

Perhitungan *economic dispatch* pada penelitian ini menggunakan data sekunder yang diperoleh pada literature jurnal dan penelitian yang seirama. Data yang digunakan berupa persamaan karakteristik biaya pembangkitan PT PLN Wilayah Jambi. Data-data tersebut selanjutnya dilakukan pengolahan data dengan metode Constriction Factor Particle Swarm Optimization. Perhitungan dilakukan dengan software Matlab 2018a.

##### 3.1.1 Sistem Kelistrikan Jambi

Sistem pembangkit listrik di PT PLN wilayah Jambi melayani pelanggan yang berada di kota Jambi dan Kabupaten Jambi. Kapasitas daya terpasang mesin pembangkit yang dimiliki oleh PLN wilayah Jambi sebesar 355 MW dengan daya mampu mesin pembangkit sebesar 322 MW. Beban tertinggi sebesar 176 MW. Rendahnya efisiensi mesin pembangkit yang dimiliki PLN wilayah Jambi karena usia mesin yang tua, mengharuskan PLN wilayah Jambi melakukan kerja sama dengan pembangkitan swasta dalam jual beli listrik (Delima dan Syafii, 2015). Dengan langkah ini, diharapkan PLN wilayah Jambi mampu memenuhi kebutuhan listrik pelanggannya.

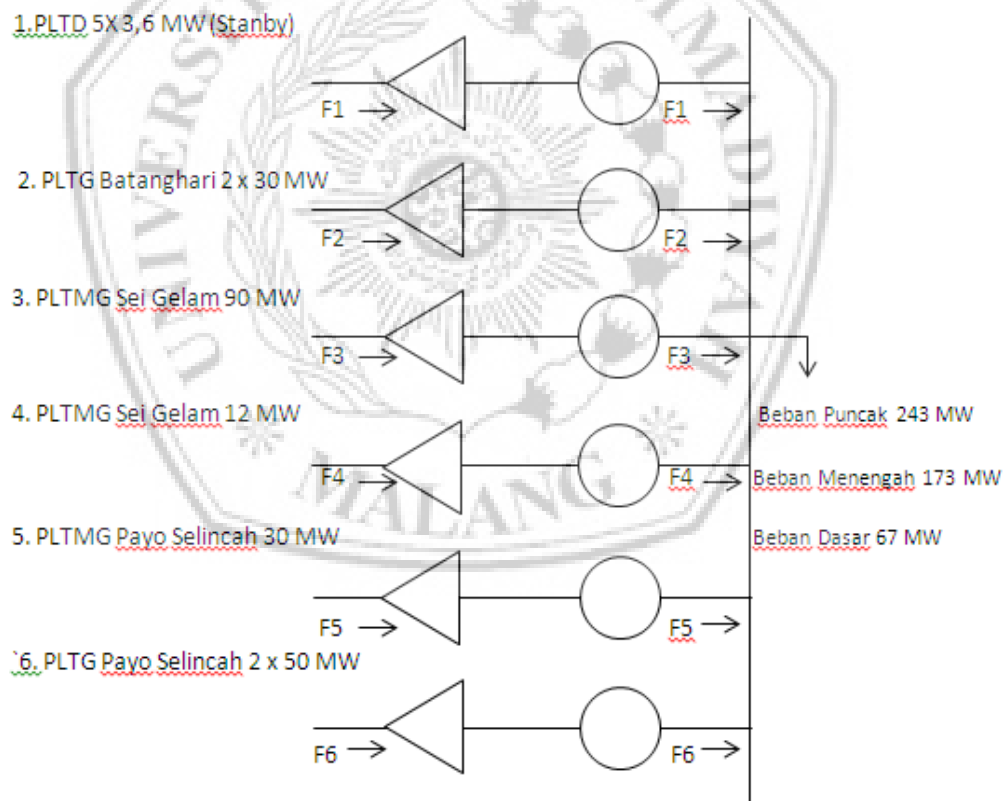
Sistem pembangkit tenaga listrik di Jambi memiliki 10 bus yang dipasok oleh 6 unit pembangkitan. Pada penelitian ini, ditinjau pembangkit thermal yang dikelola PT PLN wilayah Jambi yang ditunjukkan oleh Tabel 3.1

**Table 3.1** Pembangkit Listrik *Thermal* PT PLN wilayah Jambi

No	Pembangkit Listrik	Daya(MW)	$P_{\max}$ (MW)	$P_{\min}$ (MW)
1	PLTG Batanghari #1	30	29	26
2	PLTG Batnghari #2	30	29	26

3	PLTMG Peaker Sei Gelam	90	80	60
4	PLTMG Sewa Sei Gelam	12	12	7
5	PLTMG Payo Selincih	30	30	15
6	PLTG Payo Selincih	100	100	66

Pembangkit listrik selain itu tidak dimasukkan dalam penelitian ini. Sistem kelistrikan PT PLN Wilayah Jambi dapat dilihat pada Gambar 3.1. Dikutip dari Delima dan Syafii (2015).



**Gambar 3.1** Sistem Kelistrikan Pembangkit di Jambi

### 3.1.2 Karakteristik input-Output Pembangkit

Langkah pertama dalam melakukan perhitungan operasi ekonomis pembangkit adalah menentukan fungsi biaya bahan bakar pembangkit thermal pada sistem kelistrikan PLN wilayah Jambi. Fungsi ini didapatkan dengan melakukan pendekatan data heat rate pada unit pembangkit dengan fungsi polynomial, selanjutnya dikalikan dengan fungsi bahan bakar sehingga diperoleh hasil sesuai Tabel 3.2 (Delima dan Syafii, 2015).

**Tabel 3.2** Karakteristik *Input-Output* Pembangkit

No.	Pembangkit	Unit	Karakteristik I-O (BTU/jam)
1	PLTG Batanghari	Unit 1	$H1 = 440,0110 + 17,226PT_1 + 0,2372PT_1^2$
2	PLTG Batanghari	Unit 2	$H2 = 561,7875 + 28625PT_2 + 0,4856PT_2^2$
3	PLTMG Sei Gelam	Unit 3	$H3 = 1,7262 - 0,2558PT_3 + 0,0191PT_3^2$
4	PLTMG Sewa	Unit 4	$H4 = 290,4418 + 39,7496PT_4 + 2,2298PT_4^2$
5	PLTMG Sewa	Unit 5	$H5 = 122,5773 + 3,5542PT_5 + 0,0720PT_5^2$
6	PLTG Sewa	Unit 6	$H6 = 3,3565 - 0,0568PT_6 + 0,002372PT_6^2$

### 3.1.3 Karakteristik Biaya Pembangkit

Karakteristik persamaan biaya pembangkit diperoleh dengan melakukan perkalian antara karakteristik input output dengan bahan bakar pembangkit. karakteristik biaya pembangkit ditunjukkan oleh Tabel 3.3

**Tabel 3.3** Karakteristik Biaya Pembangkit

No.	Pembangkit	Unit	Karakteristik Biaya (Rp/Jam)
1	PLTG Batanghari	Unit 1	$H1 = 2200055 + 86130PT_1 + 1186PT_1^2$

2	PLTG Batanghari	Unit 2	$H2 = 2808938 + 143125PT_2 + 2428PT_2^2$
3	PLTMG Sei Gelam	Unit 3	$H3 = 8631 + 1279PT_3 + 95,5PT_3^2$
4	PLTMG Sewa	Unit 4	$H4 = 1452209 + 198748PT_4 + 11149PT_4^2$
5	PLTMG Sewa	Unit 5	$H5 = 612886,5 + 17771PT_5 + 360PT_5^2$
6	PLTG Sewa	Unit 6	$H6 = 16782,5 + 284PT_6 + 11,86PT_6^2$

### 3.2 Parameter Penelitian

Parameter-parameter yang digunakan dalam penelitian Operasi Ekonomis dengan Metode Constriction Factor Particle Swarm Optimization (Studi Kasus PT PLN Wilayah Jambi) adalah sebagai berikut:

#### 3.2.1 Penjadwalan Unit Pembangkit

Penjadwalan unit pembangkit tenaga listrik yaitu menentukan besarnya daya listrik yang dialirkan dari generato-generator pembangkit listrik agar beban yang dibutuhkan dapat terpenuhi dengan langkah membagi beban tenaga listrik tersebut dari unit-unit pembangkitan yang terdapat pada sistem secara optimal ekonomi sehingga dapat meminimalkan biaya inputan dari unit pembangkit tenaga listrik.

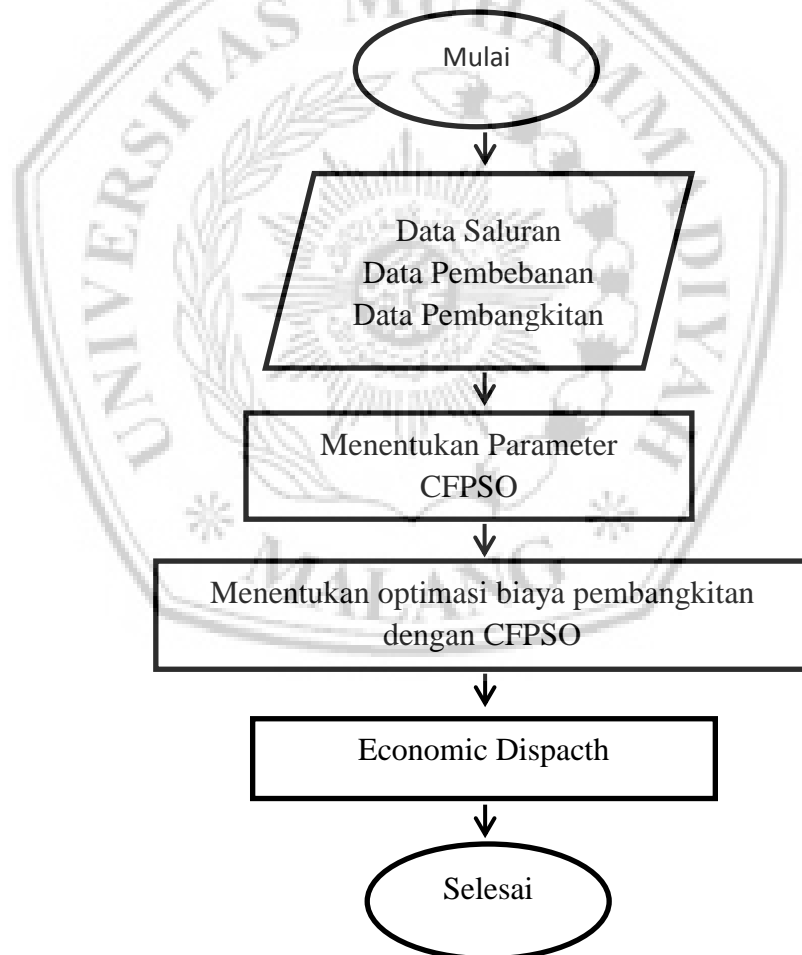
#### 3.2.2 Metode Analisis

Gambar 3.2 menunjukkan *flowchart* tahapan pencarian solusi pembangkitan *economic dispatch* dengan mengkombinasikan *contriction factor* pada *particle swarm optimization*. berikut ini adalah tahapan metode CFPSO.

1. Input data beban, data pembangkit, dan data saluran pada pembangkit listrik tenaga termal
2. Masukkan parameter-parameter CFPSO
3. Inisialisasi posisi awal partikel secara acak berdasarkan batas masing-masing unit pembangkit

4. Inisialisasi velocity individu secara acak
5. Evaluasi objektif pada individu ke-i
6. Update velocity individu ke-i
7. Update personal best dan global best
8. Stopping criteria
9. Menghitung total biaya bahan bakar pembangkitan
10. Selesai

### 3.3 Diagram Alir CFPSO



**Gambar 3.2** Tahapan Penelitian

Tahapan pertama dalam penelitian adalah mengumpulkan data penelitian yang terdiri atas data saluran, data pembebanan dan data pembangkitan. Data ini diperoleh melalui studi literature dari jurnal penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya. Langkah selanjutnya adalah menentukan parameter CFPSO. Parameter yang telah ditentukan ini selanjutnya digunakan untuk melakukan perhitungan pada program Matlab. Parameter-parameter tersebut meliputi: *Problem Dim*, jumlah *swarm*, *max iteration*, *Acceleration coefficient* dan daya output/Pd. Problem dim menunjukkan banyaknya dimensi yang diperhitungkan dalam CFPSO. Jumlah swarm menunjukkan banyaknya partikel swarm yang digunakan dalam simulasi perhitungan berbasis CFPSO. Max iteration adalah nilai iterasi maksimal dalam simulasi perhitungan. Output daya Pd merupakan daya yang dihasilkan.

Menentukan optimasi biaya pembangkitan dengan metode CFPSO dilakukan dengan *software Matlab*. Pemrograman CFPSO dilakukan dalam software Matlab dengan memasukkan formula PSO yang diikuti dengan factor konstriksinya yang ditunjukkan pada persamaan 3.8 dan persamaan 3.9. Hasil simulasi perhitungan didapatkan setelah dilakukan running program tersebut.

### 3.4 Perhitungan Biaya Pembangkitan

Solusi permasalahan dalam kasus *economic dispatch* pada unit pembangkit termal yaitu penentuan daya keluaran yang terdapat pada unit-unit pembangkit tenaga listrik yang akan mensuplai permintaan konsumen dengan biaya pengeluaran bahan bakar yang minim tanpa mengesampingkan daya mampu setiap pembangkit tersebut. Dalam model fungsi biaya unit pembangkit tenaga listrik maka dibutuhkan terlebih dahulu data karakteristik laju panas atau *heat rate* (H) dengan satuan Btu/h dan juga inputan pembangkit (*cos*) dinyatakan dalam RP/MBtu.

$$F=H \times \text{Cost} \quad (3.1)$$

Apabila biaya unit pembangkit telah didapatkan dari titik-titik nilai daya aktif, selanjutnya menginterpolasi dari titik-titik fungsi biaya unit pembangkit tenaga listrik terhadap daya aktif kemudian didapat persamaan eksponensialnya.

Dari hasil persamaan yang diperoleh tersebut yaitu persamaan karakteristik biaya dari unit pembangkit. Fungsi biaya pembangkitan sebagai suatu fungsi objektif seperti tampak sebagai berikut :

$$FT = \sum_{i=1}^n Fi(Pi) \quad (3.2)$$

$$Fi(Pi) = ai + biPi + ciPi^2 \quad (3.3)$$

Diketahui :

- FT : total biaya pembangkitan (Rp)  
 Fi(Pi) : fungsi biaya input-output pembangkit ke-I (Rp/jam)  
 ai, bi, ci : koefisien biaya dari pembangkit i  
 Pi : output pembangkit I (MW)  
 N : jumlah unit pembangkit  
 i : indeks dispatchable unit

Batasan yang harus diketahui dalam kasus *economic dispatch* ini adalah :

#### 1. *Equality constraint*

Dalam kesetimbangan daya listrik, *equality constraint* nya harus terpenuhi dengan total daya listrik yang dihasilkan dari unit-unit pembangkit tenaga listrik harus seimbang dengan total beban listrik yang dibutuhkan dari sistem. Persamaan *equality constraint* kesetimbangan daya listrik yaitu sebagai berikut :

$$\sum_{i=1}^n Pi = PD + PL \quad (3.4)$$

#### 2. *Inequality constraint*

Pada output sistem kelistrikan pembangkitan memiliki batasan- batasan nilai maksimum dan minimum yang harus terpenuhi adalah sebagai berikut :

$$Pmin_i \leq Pi \leq Pmax_i \quad (3.5)$$

### 3.5 Particle Swarm Optimization

Algoritma PSO dikenalkan oleh Kennedy dan Eberhart pada tahun 1995. PSO adalah suatu langkah algoritma diinspirasi dari perilaku social hewan, misalnya kumpulan burung, ikan ataupun serangga pada swarm. Perilaku social diantaranya adalah pengaruh tindakan individu partikel kepada kelompoknya. Semua individu partikel yang bergerak pada ruangnya kemudian akan mengingat posisi yang terbaik yang dilewatinya. Individu akan menginformasikan posisi terbaiknya kepada partikel lainnya kemudian akan menyesuaikan posisi dan kecepatan dari informasi yang diperoleh pada posisi terbaiknya. Bentuk suatu dimensi ruang, posisi dan kecepatan partikel akan disimbolkan dengan formulasi dibawah ini :

$$X_i = X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{in} \quad (3.6)$$

$$V_i = V_{i1}, V_{i2}, \dots, V_{in}$$

Diketahui :

$X$  : Posisi partikel.

$V$  : Kecepatan partikel.

$i$  : Indeks partikel.

$n$  : Ukuran dimensi ruang.

Persamaan *update velocity* dari individu ke-i dirumuskan pada persamaan 3.7 dibawah ini

$$V_i^{k+1} = V_i^k + c_1 r_1 (P_{best\ i}^k - X_i^k) + c_2 r_2 (G_{best}^k - X_i^k) \quad (3.7)$$

$$X_i^{k+1} = X_i^k + V_i^{k+1}$$

Diketahui :

$V_i^k$  : Velocity individu ke-i pada iterasi k

$X_i^k$  : Posisi individu ke-i pada iterasi k

$C_1, c_2$  : Koefisien akselerasi

$R_1, r_2$  : Jumlah random antara 0 sampai 1

$P_{best\ i}^k$  : Personal best individu ke-i sampai iterasi k.

$G_{best}^k$  : Global best kelompok sampai iterasi k.



Persamaan modifikasi *velocity* dari setiap partikel dengan menerapkan *Constriction Factor* seperti terlihat pada persamaan 3.8 dibawah ini (Shi Yao lim et al., 2009):

$$V_i^{k+1} = k \times [V_i^k + c_1 r_1 (P_{besti}^k - X_i^k) + c_2 r_2 (G_{besti}^k - X_i^k)] \quad (3.8)$$

Dengan koefisien *constriction* (K) yaitu :

$$K = \frac{2}{\left| 2 - \varphi \sqrt{\varphi^2 - 4\varphi} \right|} \quad (3.9)$$

Dengan

$$\varphi = c_1 + c_2 \text{ dan } \varphi > 4 \quad (3.10)$$

